

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-261717

(43)Date of publication of application : 11.10.1996

(51)Int.Cl.

G01B 11/00  
G01B 11/16

(21)Application number : 07-067568

(71)Applicant : SHIMADZU CORP

(22)Date of filing : 27.03.1995

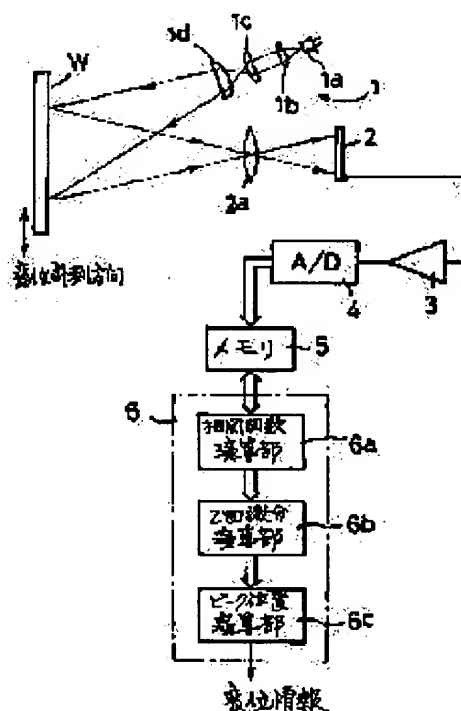
(72)Inventor : KAMEGAWA MASAYUKI

## (54) NON-CONTACT DISPLACEMENT METER

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To prevent the measurement error in the amount of travel of a speckle pattern, and further in a displacement information even if the base line of speckle pattern data is inclined according to irradiating laser beams and the surface state of a sample to be measured by allowing an operation means to differentiate the speckle pattern data and obtaining a peak position.

**CONSTITUTION:** When obtaining the displacement information of a sample W to be measured by obtaining the amount of travel of a speckle pattern, each speckle pattern data are differentiated once and then the cross-correlation function is obtained for calculating a peak position or the cross-correlation function of each speckle pattern data is obtained and at the same time the function is differentiated twice for calculating the peak position. Therefore, even if the speckle pattern does not have a uniform intensity and the base line is inclined owing to, for example, the condition of irradiating laser beams and the surface state of the sample W, no calculation error of the peak position caused by the inclination is generated, thus constantly and accurately obtaining displacement information.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

Best Available Copy

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-261717

(43) 公開日 平成8年(1996)10月11日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/00			G 0 1 B 11/00	F
11/16			11/16	G

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平7-67568

(22) 出願日 平成7年(1995)3月27日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 亀川 正之

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

株式会社島津製作所三条工場内

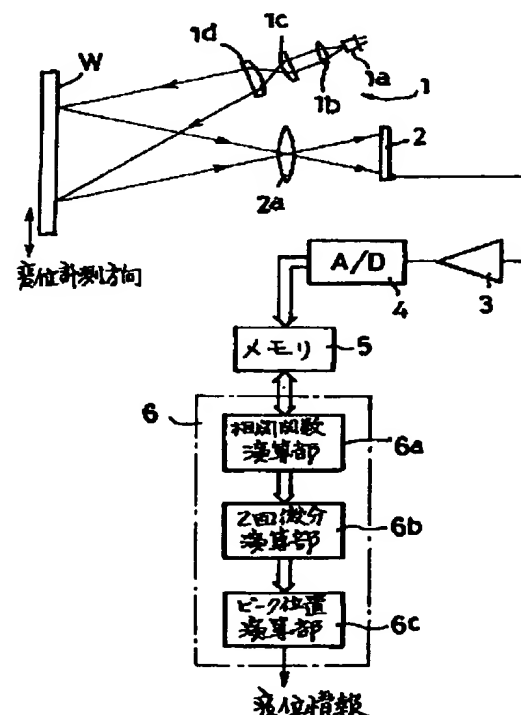
(74) 代理人 弁理士 西田 新

(54) 【発明の名称】 非接触変位計

(57) 【要約】

【目的】 照射レーザー光の状況や被測定試料の表面状態に起因して、スペックルパターンデータのベースラインが傾いていても、スペックルパターンの移動量については変位情報の計測誤差が生じない非接触変位計を提供する。

【構成】 イメージセンサ2からの各スペックルパターンデータを、1回微分した後に相互相関関数を演算し、その関数のピーク位置を算出するか、あるいは、イメージセンサ2からの各スペックルパターンデータを用いて相互相関関数を演算した後、その関数を2回微分した後にピーク位置の算出に供することで、スペックルパターンデータのベースラインの傾きにより生じる相互相関関数のベースラインの傾きによる影響が、ピーク位置の算出に影響を及ぼさないようにする。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定試料にレーザ光を照射するレーザ光照射光学系と、そのレーザ光の被測定試料の表面による散乱光を受光して、その散乱光に含まれるスペックルパターンを検出するイメージセンサと、そのイメージセンサの出力を用いて、2つの異なる時点におけるスペックルパターンデータの相互相関関数を演算し、そのピーク位置を求めることにより、それらの時点間におけるスペックルパターンの移動量を求めて被測定試料の変位情報とする演算手段を備えた変位計において、上記演算手段は、上記各スペックルパターンデータを1回微分してから上記相互相関関数の演算に供するか、もしくは、検出された各スペックルパターンデータを用いて相互相関関数を演算した後、得られた相互相関関数を2回微分してからピーク位置を求めることを特徴とする非接触変位計。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、被測定試料の表面にレーザ光を照射して得られるスペックルパターンを利用して、非接触のもとに被測定試料の変位情報を得る変位計に関する。なお、本発明で言う変位情報とは、被測定試料の1点における変位情報のほかに、例えば材料試験機等における試験片の伸び等、被測定試料の2点での変位量に基づく伸びや縮み量等を含む。

## 【0002】

【従来の技術】被測定試料の表面にレーザ光を照射して得られるスペックルパターンを利用して、その試料の変位情報を非接触のもとに測定する方法が知られている。

【0003】このようなスペックルパターンを利用して変位情報を得る場合、基本的には、被測定試料の測定対象面からのレーザ光の散乱光を、イメージセンサによって光電変換してスペックルパターンに応じた電気信号を刻々と得るとともに、その刻々の信号の相互相関関数を求めることにより、スペックルパターンの移動量を求め、そのスペックルパターンの移動量から被測定試料の変位情報を得る。また、このような原理を用いて、被測定試料の2箇所におけるスペックルパターンの移動量を個別に求めるとともに、その差を算出することにより、その2箇所間における被測定試料の伸びまたは縮み量を

$$\Delta P = \frac{(f_{+1} + \delta) - (f_{-1} - \delta)}{2 \{ (f_{-1} - \delta) - 2f_0 + (f_{+1} + \delta) \}}$$

$$= \frac{f_{+1} - f_{-1}}{2 (f_{-1} - 2f_0 + f_{+1})} + \frac{2\delta}{2 (f_{-1} - 2f_0 + f_{+1})}$$

【0009】となり、最終の式の右辺第2項で示される誤差が現れることになる。このようなスペックルパターンのベースラインの傾きが、相互相関関数のピーク位置Pの計算誤差に及ぼす影響は、計算時間を短縮する目的

2

\*求めることができ、材料試験機の試験片の伸びの測定等にも利用することができる。

【0004】スペックルパターンの移動量の具体的な算出方法は、図4に例示するように、2つの異なる時点に採取されたスペックルパターンデータAおよびBの相互相関関数CCを演算するとともに、その相互相関関数CCのピーク位置を近似計算によって求め、そのピーク位置情報を先のデータAの採取時点に対する後の同データBの採取時点におけるスペックルパターンの移動量とする。実際には、ある時点においてサンプリングされたスペックルパターンデータを参照データとして、その参照データと、以後、刻々とサンプリングされるスペックルパターンデータとの相互相関関数を求め、参照データの採取時点からの刻々のスペックルパターンの移動量を算出する。また、近似計算によるピーク位置Pの求め方は、図4において、例えば放物線近似を用いる場合には、

## 【0005】

## 【数1】

$$P = P_c - \Delta P$$

$$= P_c - \frac{f_{+1} - f_{-1}}{2 (f_{-1} - 2f_0 + f_{+1})} \quad \dots (1)$$

【0006】となる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、被測定試料に照射するレーザ光の状況や、被測定試料の表面の状態などの影響により、散乱光を受光して得られるスペックルパターンの強度は均一にはならず、図5に例示するように、参照データ並びにこれと比較すべきサンプリングデータともベースラインが傾くことがある。このような場合、相互相関関数CCのベースラインも図示のように傾く。相互相関関数CCのベースラインが例えば図5のように右上がりに傾くと、傾いていない本来の状態において $f_{-1}$ にあるべきものが $(f_{-1} - \delta)$ に、 $f_{+1}$ にあるべきものが $(f_{+1} + \delta)$ にくることを意味し、この場合、上記(1)式と同じ近似計算によってピーク位置Pを求めるための $\Delta P$ を算出すると、

## 【0008】

## 【数2】

\*でスペックルパターンのチャンネル数(画素数)を減らす場合や、イメージセンサと被測定試料との間にレンズを配置して、変位分布を計測するに際してその空間分解能を上げるためにスペックルパターンのチャンネル数

(画素数)を減らす場合に、特に顕著となる。

【0010】本発明はこのような点に鑑みてなされたもので、照射レーザ光の状況や被測定試料の表面状態によってスペックルパターンのベースラインが傾いても、相互相関関数のピーク位置の計算結果に誤差が生じにくく、ひいては変位の計測誤差が生じにくい非接触変位計の提供を目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための構成を、実施例図面である図1を参照しつつ説明すると、本発明の非接触変位計は、被測定試料Wにレーザ光を照射することによって得られる散乱光を受光してスペックルパターンを検出するイメージセンサ2の出力を用いて、2つの異なる時点におけるスペックルパターンデータの相互相関関数を演算し、そのピーク位置を求めることにより、それらの時点間におけるスペックルパターンの移動量を求めて被測定試料の変位情報とする演算手段6を備えた変位計において、演算手段6が、上記の各スペックルパターンデータを1回微分してから相互相関関数の演算に供するか、もしくは、検出された各スペックルパターンデータを用いて相互相関関数を演算(相関関数演算部6a)した後、得られた相互相関関数を2回微分して(2回微分演算部6b)からピーク位置を求める(ピーク位置演算部6c)ように構成されていることによって特徴づけられる。

【0012】

【作用】図2に示すように、(A)のようにベースラインが傾いた相互相関関数CCを1回微分すると、その相互相関関数CCの傾きの影響は、(B)のように、得られた曲線CC'の縦軸に沿った上下方向への移動に現れるだけとなる。ただし、この1回微分した曲線CC'では、元の相互相関関数CCのピーク位置と異なる位置にピークが現れる。そこで、この曲線CC'を更にもう1回微分すると、当初の相互相関関数CCのピーク位置と同じ位置にピーク位置を持つ(C)に示すような曲線CC''が得られ、しかも、元の相互相関関数CCのベースラインの傾きの影響は、この曲線CC''のピーク位置の近似計算には全く及ばない。従って、この曲線CC''からピーク位置を近似計算すれば、相互相関関数CCのベースラインの傾きの影響を受けずに、相関ピークの位置の計算が可能となる。

【0013】また、相互相関関数CCを2回微分して得られる曲線CC''は、参照データ並びにサンプリングデータをそれぞれ1回微分してから相互相関関数を求めた場合に得られる曲線と同等となり、上記と全く同様の作用を奏することができる。

【0014】すなわち、参照データを $x(i)$ 、サンプリングデータを $y(i)$ とするとともに、 $i$ をイメージセンサのチャンネル数として、 $\Delta x(i)$ および $\Delta y(i)$ をそれぞれ

【0015】

【数3】

$$\Delta x(i) = x(i) - x(i-1)$$

$$\Delta y(i) = y(i) - y(i-1)$$

【0016】で表される、参照データ $x(i)$ およびサンプリングデータ $y(i)$ の1回微分値としたとき、これらの相互相関関数DA(n)は、

【0017】

【数4】

$$DA(n) = \sum_{i=1}^n \Delta x(i) \Delta y(i+n)$$

【0018】で表される。この(4)式は、

【0019】

【数5】

$$\begin{aligned} DA(n) &= \sum_{i=1}^n \{x(i) - x(i-1)\} \{y(i+n) - y(i+n-1)\} \\ &= \sum_{i=1}^n x(i)y(i+n) \\ &\quad - \sum_{i=1}^n x(i)y(i+n-1) - \sum_{i=1}^n x(i-1)y(i+n) \\ &\quad + \sum_{i=1}^n x(i-1)y(i+n-1) \end{aligned}$$

【0020】と表され、また、

【0021】

【数6】

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n x(i-1)y(i+n) &\approx \sum_{i=1}^n x(i)y(i+n+1) = A(n+1) \\ \sum_{i=1}^n x(i-1)y(i+n-1) &\approx \sum_{i=1}^n x(i)y(i+n) = A(n) \end{aligned}$$

【0022】であるから、

【0023】

【数7】

$$\begin{aligned} DA(n) &= A(n) - A(n-1) - A(n+1) + A(n) \\ &= 2A(n) - A(n-1) - A(n+1) \end{aligned}$$

【0024】となり、生の参照データ並びにサンプリングデータを用いて相互相関関数を得た後に2回微分した図2にCC''で示したものと同等の関数を得られる。

【0025】

【実施例】図1は本発明実施例の全体構成図である。レーザ光照射光学系1は、半導体レーザ1a、コリメータレンズ1b、および2つのシリンドリカルレンズ1c、1dからなるビームエキスパンダによって構成され、半導体レーザ1aからの出力レーザ光は変位計測方向である図中上下方向にライン状に引き延ばされた状態で被測定試料Wの表面に照射される。

【0026】その照射レーザ光の被測定試料Wの表面による散乱光は、集光レンズ2aによってイメージセンサ2の受光面に結像される。イメージセンサ2は、複数の画素が変位計測方向に並べられた1次元イメージセンサであって、散乱光に含まれるスペックルパターンに応じた電気信号を出力する。そのイメージセンサ2の出力

は増幅器3で増幅された後、A-D変換器4でデジタル化されてメモリ5に取り込まれ、演算部6による演算に供される。

【0027】演算部6は、実際には高速信号処理装置とCPUを主体とするものであるが、図1においては、機能別にブロック化して示している。すなわち、イメージセンサ2からのデータは所定の微小時間ごとにメモリ5に格納されていくが、計測開始当初のデータは参照データとしてメモリ5の規定アドレスに格納され、以降、メモリ5にデータがサンプリングされるごとに、相互相関関数演算部6aにおいてそのサンプリングデータと参照データとの相互相関関数が算出される。なお、参照データは、相互相関関数の相関強度が限度を越えて低下した時点で、その時点におけるサンプリングデータを新たな参照データとする更新が実行される。

【0028】相互相関関数演算部6aによる相互相関関数の演算結果は、次いで2回微分演算部6bに送られ、ここで相互相関関数の2回微分が実行される。そして、2回微分後の関数は、ピーク位置演算部6cに送られて、そのピーク位置が近似計算によって求められる。このようにして求められたピーク位置は、参照データのスペクルパターンに対するサンプリングデータのスペクルパターンの移動量を表し、そのピーク位置が参照データのサンプリング時点から現時点までの被測定試料Wの変位情報として出力される。

【0029】以上の本発明実施例において、イメージセンサ2に入射する散乱光中のスペクルパターンが被測定試料Wの変位計測方向に均一でなく、これによってイメージセンサ2の出力が前記した図5に示したようにそのベースラインが傾いている場合、相互相関関数演算部6aで演算された相互相関関数CCも同図あるいは図2(A)に示すようにベースラインが傾いたものとなる。この相互相関関数CCを2回微分演算部6bによって2回微分すると、その処理後の関数CC'は、図2(C)に示すように元の相互相関関数CCと同じ位置にピークを持ち、しかも、全体として曲線が傾斜しておらず、従って元の相互相関関数CCのベースラインの傾きは、次段のピーク位置演算部6cによるピーク位置の近似計算における誤差要因とはならない。

【0030】以上の実施例では、参照データとサンプリングデータとの相互相関関数を演算した後、その関数を2回微分したが、これに代えて、参照データ並びにサンプリングデータを1回微分した後、微分後のデータどうしの相互相関関数を算出しても、前記したように、上記の実施例における2回微分後の関数CC'と全く同様の関数が得られる。

【0031】この場合の演算部60の構成例を、図3に機能別にブロック化して示す。この例では、メモリ5に格納されたスペクルパターンデータは、参照データおよびサンプリングデータとも、1回微分演算部60aに

送られ、ここでそれぞれのデータが1回微分された後、相互相関演算部60bに送られ、微分処理後の参照データとサンプリングデータとの間の相互相関関数が演算される。そして、その相互相関関数のピーク位置が、ピーク位置演算部60cによって近似計算によって求められる。

【0032】この図3に示した実施例によっても、スペクルパターンデータにベースラインの傾きがあっても、上記の図1の例と全く同様に、その影響を受けることなく正確なピーク位置の計算結果を得ることができる。

【0033】なお、図3の例において、参照データについては最初に1回微分演算部60aによって微分した後、メモリ5に記憶しておき、その微分処理後の参照データを相互相関演算の都度呼び出すようにしてもよいことは勿論である。

【0034】以上の各実施例においては、被測定試料Wの1点における変位を計測する場合について述べたが、イメージセンサ2からの各チャンネル出力のうち、互いに所定のチャンネル分を開けた2群の各複数チャンネルからのデータを、それぞれ上記と同様な処理を施して、それぞれについてスペクルパターンの移動量を個別に求めるとともに、その両移動量の差を求めることにより、被測定試料の2点間の伸びないしは縮み量を求めるようにしてもよいことは勿論である。

【0035】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、イメージセンサの出力に基づく被測定試料からの、互いに異なる時点におけるスペクルパターンデータの相互相関関数のピーク位置を計算して、スペクルパターンの移動量を求めて被測定試料の変位情報を得るに当たり、各スペクルパターンデータを1回微分した後、これらの相互相関関数を求めてピーク位置の計算に供するか、あるいは、各スペクルパターンデータの相互相関関数を求めるとともに、その関数を2回微分した後、ピーク位置の計算に供するので、照射レーザ光の状況や被測定試料の表面状態等によってスペクルパターンが一様な強度を持たずにベースラインが傾いた状態であっても、それに起因するピーク位置の計算誤差が生じず、常に正確な変位情報を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の全体構成を示す模式図

【図2】本発明実施例の演算部6における相互相関関数の2回微分による作用説明図で、(A)は2つのスペクルパターンデータの相互相関関数、(B)はそれを1回微分した後の関数、(C)は更にもう1回微分した後の関数をそれぞれ例示するグラフ

【図3】本発明の他の実施例の要部構成を示す模式図

【図4】スペクルパターンを利用した非接触変位計における、スペクルパターンの移動量の具体的な求め方

の例を示す説明図

【図5】スペckルパターンデータのベースラインが傾いているときの相互相関関数の状態の説明図

【符号の説明】

- 1 レーザ光照射光学系
- 2 イメージセンサ
- 4 A-D変換器
- 5 メモリ

6 演算部

6a 相関関数演算部

6b 2回微分演算部

6c ピーク位置演算部

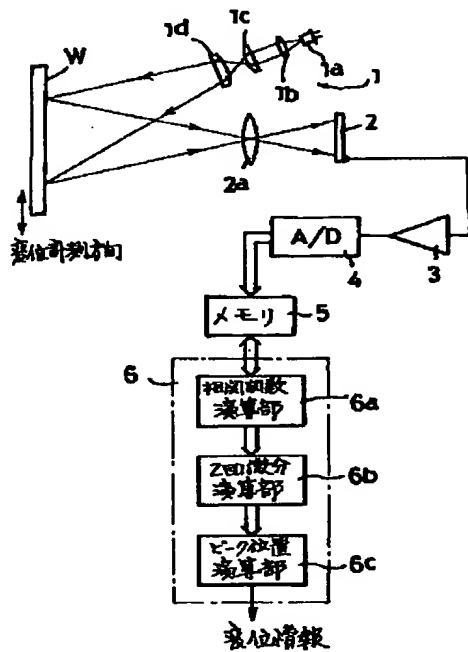
60 演算部

60a 1回微分演算部

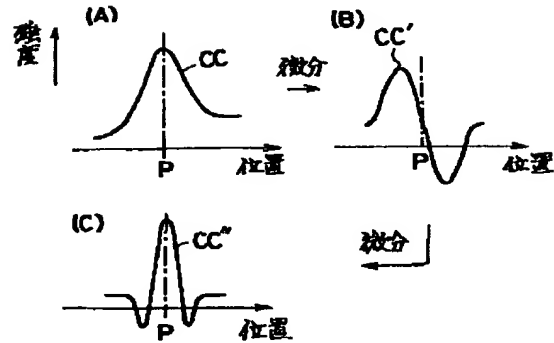
60b 相関関数演算部

60c ピーク位置演算部

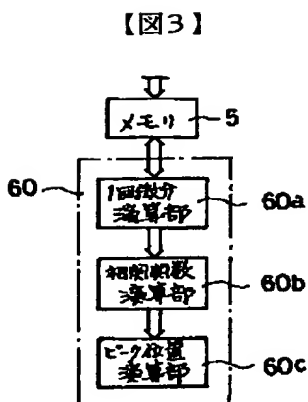
【図1】



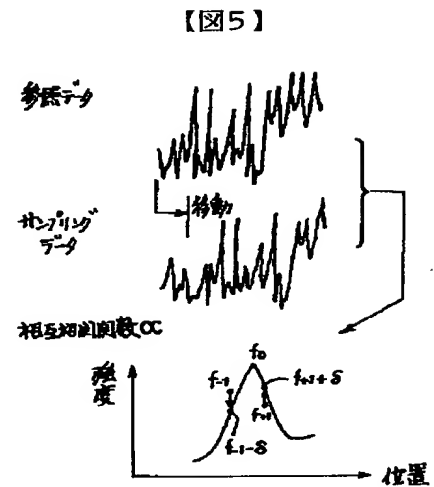
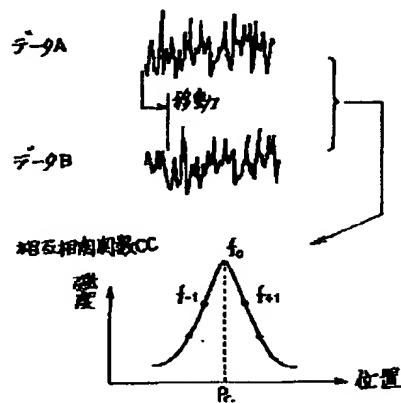
【図2】



【図3】



【図4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**